

令和3（2021）年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産資源研究所、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場

要 約

ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源状態をコホート解析（VPA）による資源量推定により評価した。漁獲量は周期的に変動しており、近年（1990年以降）では1995年から増加して1998年には過去最高の386トン記録した。2001年には133トンまで急減したが、その後徐々に増加し、2009、2010年には200トンを超えた。東日本大震災以降は、主漁場である福島県沖の漁獲圧の低下などにより漁獲量は2012年には69トンまで減少したものの、2017～2019年は198～254トンに増加した。2020年は暫定値ながら179トンとやや減少した。資源量は1998年の1,205トンから減少し、2001～2013年は415～687トンで推移していたが、その後2015年は912トン、2017年は1,301トンに増加した。2018年以降は減少し、2020年は921トンであった。

将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	1,301	829	237	0.34	18
2018	1,214	983	254	0.38	21
2019	1,004	825	198	0.59	20
2020	921	822	179	0.31	19

各年の資源量は漁獲対象資源量を示す。年は暦年、2020年の漁獲量は暫定値である。漁獲係数 F は各年齢の平均値。

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲量、漁獲尾数	県別漁獲統計(農林水産省・各県水試調べ) 太平洋北区沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 体長、年齢測定データ(水研、福島県、茨城県) ・市場買い付け ・カレイ類分布調査(着底トロール、6月) 漁獲量調査(青森～茨城(5)県) ・市場データ
資源量指数	小型底びき網漁業漁獲成績報告書(水研、青森～茨城(5)県) 太平洋北区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料(水研)
成熟年齢	月別精密測定調査(水研、福島県、茨城県) ・市場買い付け ・カレイ類分布調査(着底トロール、6月)
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.250$ を仮定(田中 1960)

1. まえがき

ヤナギムシガレイは体長 40 cm ほどに達する中型の異体類で、北海道南部以南の日本各地から黄海、渤海および東シナ海の水深 400 m 以浅の砂泥域に分布している。本種の産業的価値は高く、特に抱卵している雌を天日で干したものは「子持ちヤナギ」とよばれ最高級の干物魚として利用されている。本種は太平洋北部では主に大陸棚上で底びき網によって漁獲されている。本海域における沖合底びき網漁業の漁獲量は長期的に大きく変動しており、資源量の変動も大きいと考えられる。本海域のヤナギムシガレイは平成 13 (2001) 年度より資源回復計画の対象魚種に指定され、平成 15 (2003) 年度から保護区および保護期間の設定により漁獲圧を削減し、資源を回復する措置が図られている。さらにこれまでの措置は引き続き資源管理指針および計画の下で継続して取り組まれている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本種は日本各地に広く分布しているものの、太平洋岸の分布は北海道噴火湾以南であり

(中坊・土居内 2013)、太平洋北部は分布の北限域にあたる(図 1)。そのため漁獲も茨城県や福島県沖(房総、常磐海区)を中心に行われており、青森県では少ない(表 1)。福島県の標本船調査による漁獲量、単位努力量あたりの漁獲量(CPUE)の月別変化を見ると、水深 50~200 m が主漁場となっており、CPUE は 4~11 月には水深 120~140 m で高く、12~3 月には水深 80~100 m で高い。また、漁場も冬季の方が南北に広がっていることから、季節によって若干の移動をすると考えられる(島村・五十嵐 2000)。

(2) 年齢・成長

東シナ海・黄海(西海区水産研究所 1957)、山口県沖合(中原 1969)、若狭湾(Yabuki 1989)および福島県沿岸(橋本 1955、島村・五十嵐 2000)において成長に関する情報が報告されている。水域間で成長パターンは異なるが、いずれの水域でも 5 歳前後までは急速に成長する。雌の方が雄より成長が早く、寿命も長い。福島県沿岸では、1955 年以前と 1998~1999 年に採集された個体について年齢と体長との関係が示されており(橋本 1955、島村・五十嵐 2000)、雌雄ともに 1955 年以前よりも 1998~1999 年の方が成長は早い。また、寿命は雄では 6 歳、雌では 20 歳と報告されているが(島村・五十嵐 2000)、10 歳以上まで生きる雌は稀である。

なお、近年の成長式と体長体重関係は以下のとおりである(図 2)。

雄： $SL = 305.1(1 - \exp(-0.220(t + 0.948)))$

$$BW = 5.4 \times 10^{-6} SL^{3.167}$$

雌： $SL = 337.7(1 - \exp(-0.300(t + 0.042)))$

$$BW = 2.6 \times 10^{-6} SL^{3.318}$$

ここで、SL は標準体長(mm)、t は年齢(起算日は 1 月 1 日)、BW は体重(g)である。

(3) 成熟・産卵

産卵期は 10~翌 7 月とされているが、海域によって異なる(坂本 1984)。福島県の沿岸では、1~3 月をピークに 6 月まで続く(Narimatsu et al. 2007)。成熟個体が通常の分布水深よりもやや浅海域の南北に広い範囲で漁獲されていることから、水深 100 m 前後の広い範囲で集団繁殖場を作らずに産卵していると考えられる。成熟体長は雄で体長 120 mm 以上、雌で 150 mm 以上である。雄では満 2 歳で多くの個体が成熟し、雌では満 2 歳の一部と 3 歳魚以上のほとんどが成熟しているが、年齢別の成熟率は年代によって異なることが明らかになっている(島村・五十嵐 2000、Narimatsu et al. 2007、図 3)。

(4) 被捕食関係

餌生物は多毛類と甲殻類が主で、若齢期には甲殻類を主食とするが、成長にともない多毛類が主食になる(五十嵐 1980、五十嵐・島村 2000)。なお、被食に関する情報は報告されていない。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

太平洋北部海域において、ヤナギムシガレイのほとんどは沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）もしくは小型底びき網漁業（以下、「小底」という）で漁獲されている。寒流系の種ではないため、本海域の南側に位置する福島県と茨城県での漁獲が多く、北側の青森県では少ない（図4、図5、図6）。

(2) 漁獲量の推移

沖合底びき網漁業漁獲成績報告書の集計値によると、漁獲量は1970年代前半には210トン以上を記録していたが、その後減少し、1980年代後半から1990年代前半にかけては18～30トン前後と非常に低い水準で推移した（図4、表2）。1990年代中盤から急激に増加し、1998年、1999年には240トン以上となり過去最高の漁獲を記録した。しかしその後は減少に転じ、2001年には100トンを下回った。2001年以降は徐々に増加し、2009年は144トン、2010年は160トンとなった。2011年以降は東日本大震災（以下、震災）の影響で大きく減少した（2012年には53トン）ものの、2017～2020年は95～135トンで推移している。

全ての漁業種類の漁獲量データは1997年から利用可能であり、1997～2000年には288～386トン記録していた（図5、表1）。2001～2008年には133～179トンで1998年のピーク時（386トン）の半分以下で推移していたが、2009年、2010年には220トン前後に増加した。震災の起きた2011年には大きく減少したが、2015年には162トン、2018年には254トン、2020年には179トンに回復した。

(3) 漁獲努力量

金華山～房総海区の沖底の有漁網数（漁船ごとのヤナギムシガレイが漁獲された日の網数の合計）は1990年代後半にかけて急増した（図7）。その後は2010年まで増減を繰り返しながら減少したが、1990年代前半以前と比較すると高い水準にあった。主漁場である常磐海域では、2010年には1.8万網を超えたが、2011～2017年には震災の影響で大きく減少し、その後は緩やかに回復している（2020年は暫定で5,000網）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1998～2020年の年齢別漁獲尾数を用いてVPAによって資源量を推定した。年齢別漁獲尾数は茨城県と福島県で漁獲されたヤナギムシガレイを用いて毎年作成している前後期別（1～6月と9～12月）雌雄別の体長階級別年齢組成（age-length key）と、漁獲物の体長組成をもとに求めた（補足表2-1）。VPAは、1～7歳以上の7年齢群について解析を行い、年別年齢別資源尾数および漁獲係数Fを推定した（補足資料1、2、補足表2-2、2-3）。

VPAにおいて、直近年（2020年）のF値は、主要な漁場である金華山～房総海区における震災前後の沖底の網数を稼働状況の指標として稼働率（震災以降の最大網数（2018年）を2005～2009年平均網数で除したもの）を求め、その値で直近5年間（2016～2020年）の平均F値を補正した値を用いた。ヤナギムシガレイの寿命や成長には雌雄差があるが、年齢

別の性比の情報が得られていない。そのため、各年齢の体重には、6歳以下は雌雄の平均体重の平均値、7歳以上では雌の年齢別の体重を用いた資源量を計算した。この年齢別体重と先に求めた年齢別資源尾数を用いて年齢別の資源量を計算した（補足表 2-4）。

(2) 資源量指標値の推移

主要な漁場である金華山、常磐および房総海区の沖底の CPUE を図 8 および図 9 に示した。1973 年以降、CPUE の増減は漁獲量の増減（図 4）と類似しており、漁獲が少ない年には低い傾向が認められた。各海区の沖底の CPUE は 2009～2012 年に比較的高かったが 2013 年および 2014 年にはやや低くなっていた。2015 年以降は海区ごとに変動が異なり、金華山海区では減少し、房総海区では 2016 年に過去最高を記録した後に減少し、常磐海区では 2020 年でも非常に高い状態となっている（図 8）。

金華山～房総海区を合わせると、2016 年をピークとして減少はしているものの、比較的高い状態を保っている（図 9）。金華山から房総海区において本種の重要性は高く、本種を主要な対象とした操業も行われている（島村・五十嵐 2000）。そのため、この海区の CPUE は資源状態を表す指標として有効であると考えられる。ただし、震災以降には漁獲の中心である常磐海区での漁業活動が限定的であるため、現在の指標としての精度は震災以前に比べると低下していると考えられる。また、年、月および海域の影響を除去するため、沖底の CPUE の標準化を行った結果を参考資料として掲載した（補足資料 3）。

(3) 漁獲物の体長組成

漁獲物の全長組成の経年変化を図 10 に示した。近年では、2011～2013 年には全長 10 cm 台の小型個体はほとんど見られていないが、2015 年および 2016 年の上半期には数多く見られていた。これらは、2013 年および 2014 年生まれの個体が漁獲加入し、大量に漁獲されたと考えられる。2017 年上半期になると小型魚の全長組成のピークは 20 cm となっており、2016 年に比べるとやや大きくなっていた。2020 年には 20～25 cm の個体が多く、この全長階級が漁獲の中心になっていた。また、2019 年には 15 cm 前後の個体も比較的多く漁獲されていたが、2020 年ではこの階級の漁獲は少なかった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

コホート解析により求めた F 値の推移を図 11 に示した。2001～2008 年には 0.29～0.45 で安定していたが、2009 年、2010 年には 0.65 とやや高くなった。2011 年以降は 0.28～0.59 となっている。なお、2015～2019 年の漁獲圧（F₂₀₁₅₋₂₀₁₉）は 0.44 であった。

資源量は 1998 年の 1,205 トンから減少し、2001～2013 年は 415～687 トンで推移していたが、その後 2015 年は 912 トン、2017 年は 1,301 トンと増加した。2018 年以降は減少傾向となり、2020 年は 921 トンとなっている。漁獲割合は 2001～2010 年には 22～41% で推移していたが、2011 年以降には震災の影響で減少し、2020 年は 19% となっている（図 12）。

加入量（1 歳魚）は 1998～2013 年には 35～135 トンで推移し、2014～2016 年には 174～274 トンと高い値になったが、2018 年は 70 トン、2019 年は 69 トンに減少した。2020 年の加入量は不確実性が高いものの、7 トンと非常に低く推定されており、今後の加入動向に注意が必要である（図 13、補足表 2-4）。

(5) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

1998～2020年の漁獲係数F値は0.28～0.65で推移しており（図11）、震災以前には沖底のCPUEの変化（図9）と似た推移を示していた。また、漁獲割合は2001～2008年に安定しており、2009、2010年に増加したが、震災以降は比較的低い値で推移している（図12）。

直近5年間（2015～2019年）の漁獲パターンに基づくYPR曲線とSPR曲線を図14に示した。1歳の途中から漁獲され始める漁業実態をふまえ、漁獲開始年齢は1歳とした。2015～2019年の漁獲圧の平均値（ $F_{current}$ ）は $F_{30\%SPR}$ よりも低く（ $F_{37.6\%SPR}$ ）、震災前の漁獲圧（ $F_{2006-2010}$ ）や $F_{0.1}$ 、 F_{max} よりも低い。

5. 資源評価のまとめ

コホート解析では、ヤナギムシガレイの資源量は1990年代後半に多かったが、2000～2001年にかけて急減した（図13）。その後の資源は2003～2009年に安定した加入があったこともあり、比較的堅調に推移した。震災以降、資源量はやや減少したが、2013～2015年級が多かったことから2017年には過去最高の1,301トンに回復した。2018年以降は再び減少し、2020年の資源量は2017年より約400トン少ない921トンだった。ただし、この値は2000年代前半や震災直後よりも高い値である。近年（2016～2019年）の資源は幅広い年齢層で構成されているのが特徴だったが、2020年は1歳魚が少なく、2～5歳魚が多い年齢構成となった。今後の加入を促進するためにも、漁獲圧を現状程度に抑え、親魚量を確保することが重要である。

6. その他

震災以前の10年間は比較的加入が安定しており、そのため資源量も安定していた。震災以降には加入が大きく変動しており、2014～2016年には非常に多くの加入があった一方、2017年以降は減少した。近年、本資源は成長の鈍化とそれに伴い1歳魚が漁獲対象となっていないことも考えられることから、2020年の加入量は不確実性が高いものの1998年以降では最少と推定された。本資源は1980年代後半から1990年代前半に非常に低い水準の資源状態を経験している。このような状態を避けるためにも、特に加入状況が悪いと認められた場合に若齢魚の漁獲を控え、親魚に成長するまで保護する等の方策が必要となる。

7. 引用文献

- 橋本良平 (1955) ヤナギムシガレイの年令に関する基礎的研究. 東北水研研報, **4**, 156-164.
- 五十嵐敏 (1980) ヤナギムシガレイの胃中にみられる底生動物について (短報). 福島水試研報, **6**, 91-92.
- 五十嵐敏・島村信也 (2000) 福島県海域におけるヤナギムシガレイの食性. 福島水試研報, **9**, 53-58.
- 中坊徹次・土居内龍 (2013) ヤナギムシガレイ. 「日本産魚類検索 全種の同定 第3版」中坊徹次編, 東海大学出版会, 1680.
- 中原民男 (1969) 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物特性. 山口外海水試研報, **11**, 1-70.
- Narimatsu, Y., A. Yamanobe and M. Takahashi (2007) Reproductive cycle, age and body size at

- maturity and fecundity of female willowy flounder (*Tanakius kitaharai*). Fish. Sci., **73**, 55-62.
- 坂本一男 (1984) ヤナギムシガレイ. 「日本産魚類大図鑑 (解説)」益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編, 東海大学出版会, 東京, 339.
- 西海区水産研究所 (1957) ヤナギムシガレイ. 東海・黄海における底魚資源の研究, **4**, 50-55.
- 島村信也・五十嵐敏 (2000) 福島県沿岸で漁獲されたヤナギムシガレイについて. 福島水試研報, **9**, 29-52.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.
- Yabuki, K. (1989) Age determination of yanagimushigarei *Tanakius kitaharai* (Pleuronectidae) from otoliths in the Sea of Japan off Kyoto Prefecture. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **55**, 1331-1338.

(執筆者: 三澤 遼、成松庸二、鈴木勇人、森川英祐、時岡 駿、金森由妃、富樫博幸、永尾次郎)

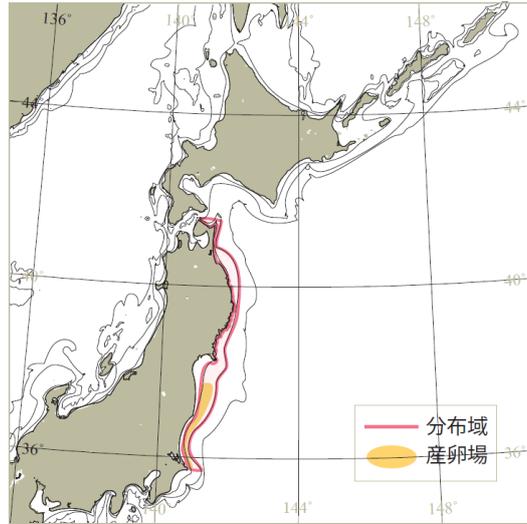


図1. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの分布

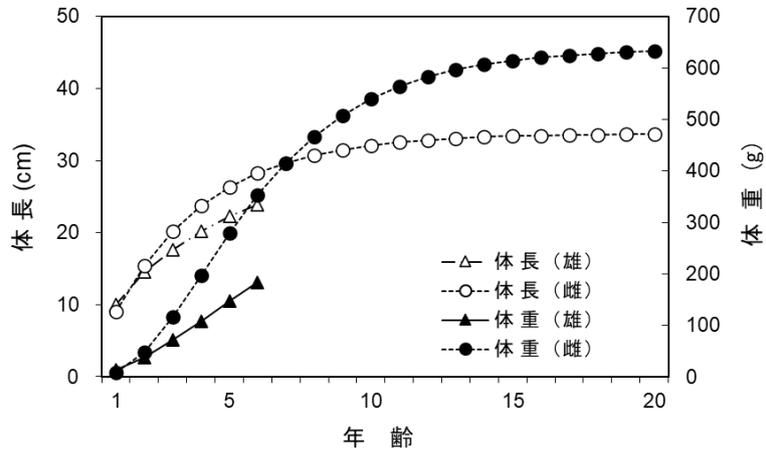


図2. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの成長

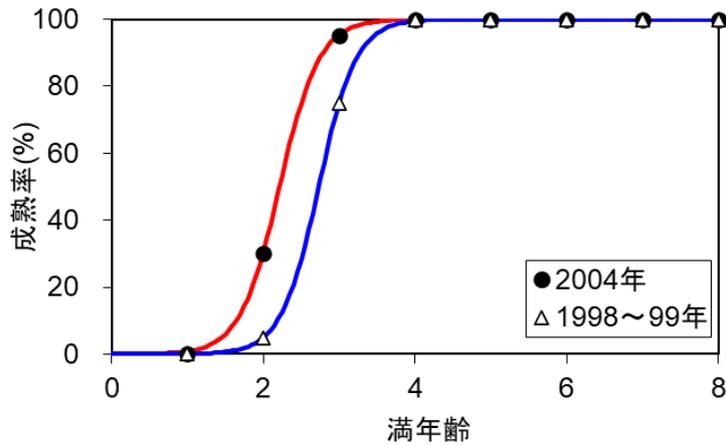


図3. 年齢と成熟率の関係

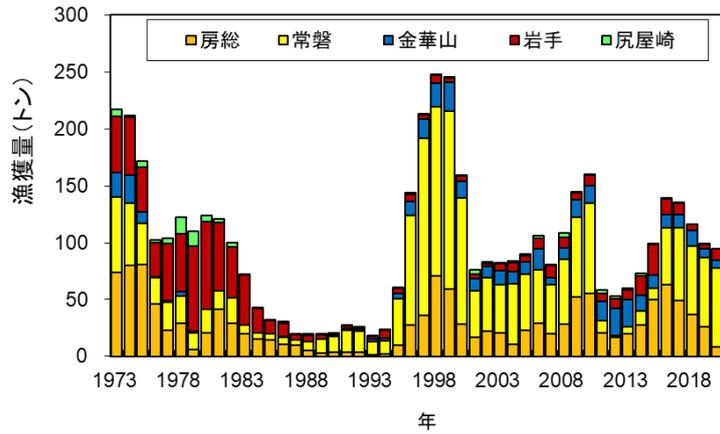


図4. 太平洋北部の沖底による漁獲量の推移 2020年は暫定値。

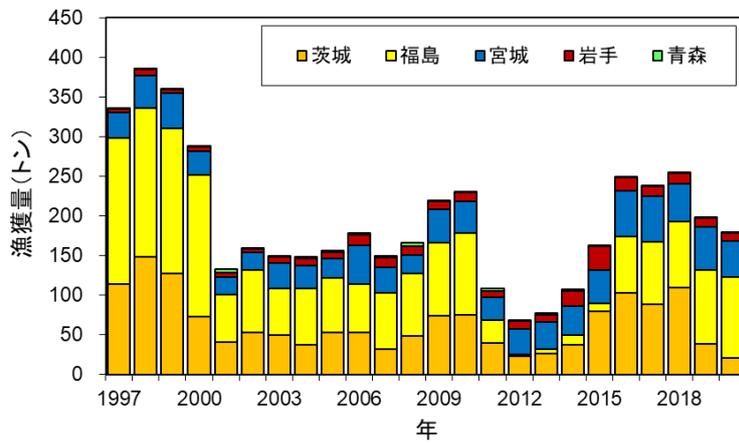


図5. 全漁業種による漁獲量の推移 2020年は暫定値。

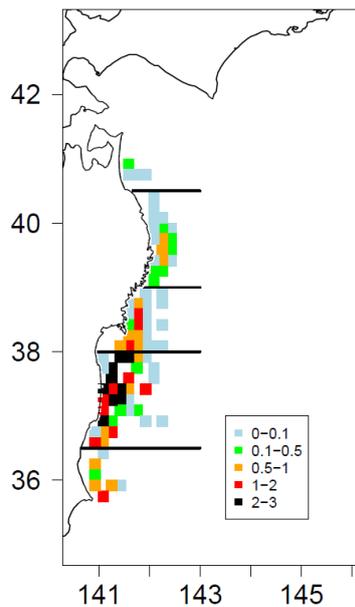


図6. 沖底による2019年の漁獲量(トン)の分布

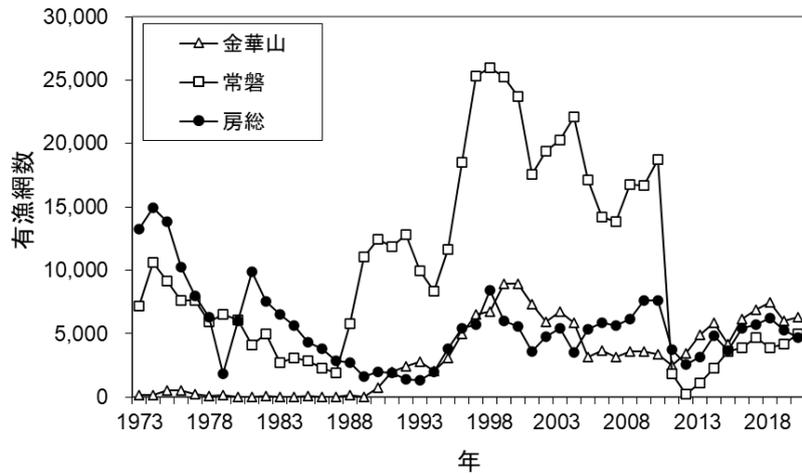


図 7. 沖底の漁業努力量の推移 2020 年は暫定値。

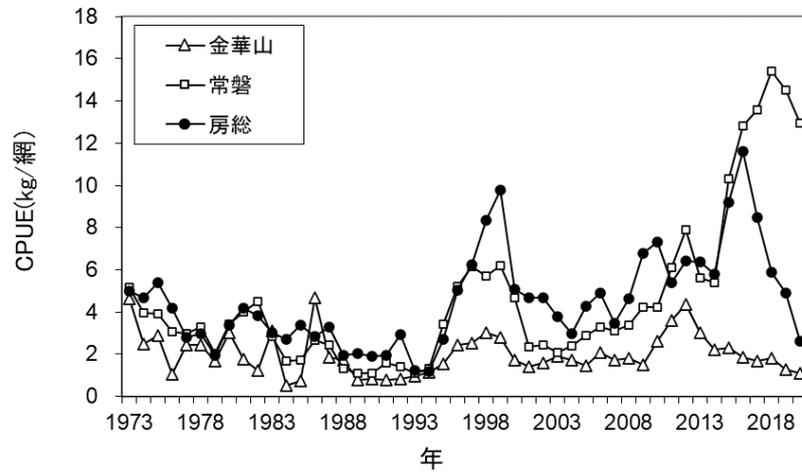


図 8. 沖底の海区別 CPUE 2020 年は暫定値。

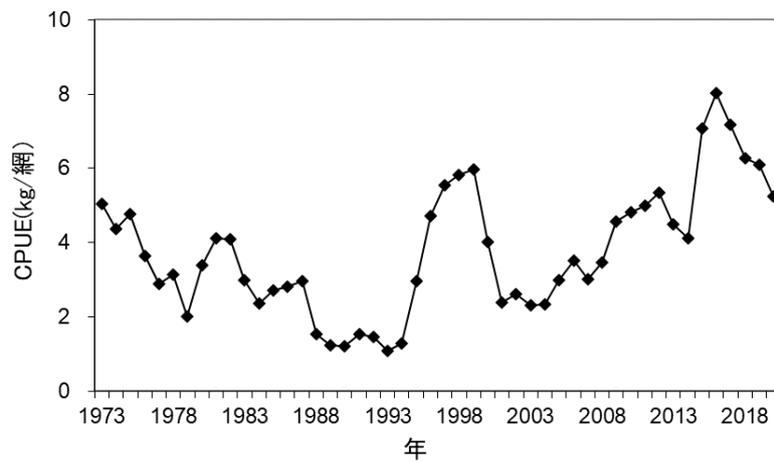


図 9. 金華山～房総海区の沖底の CPUE

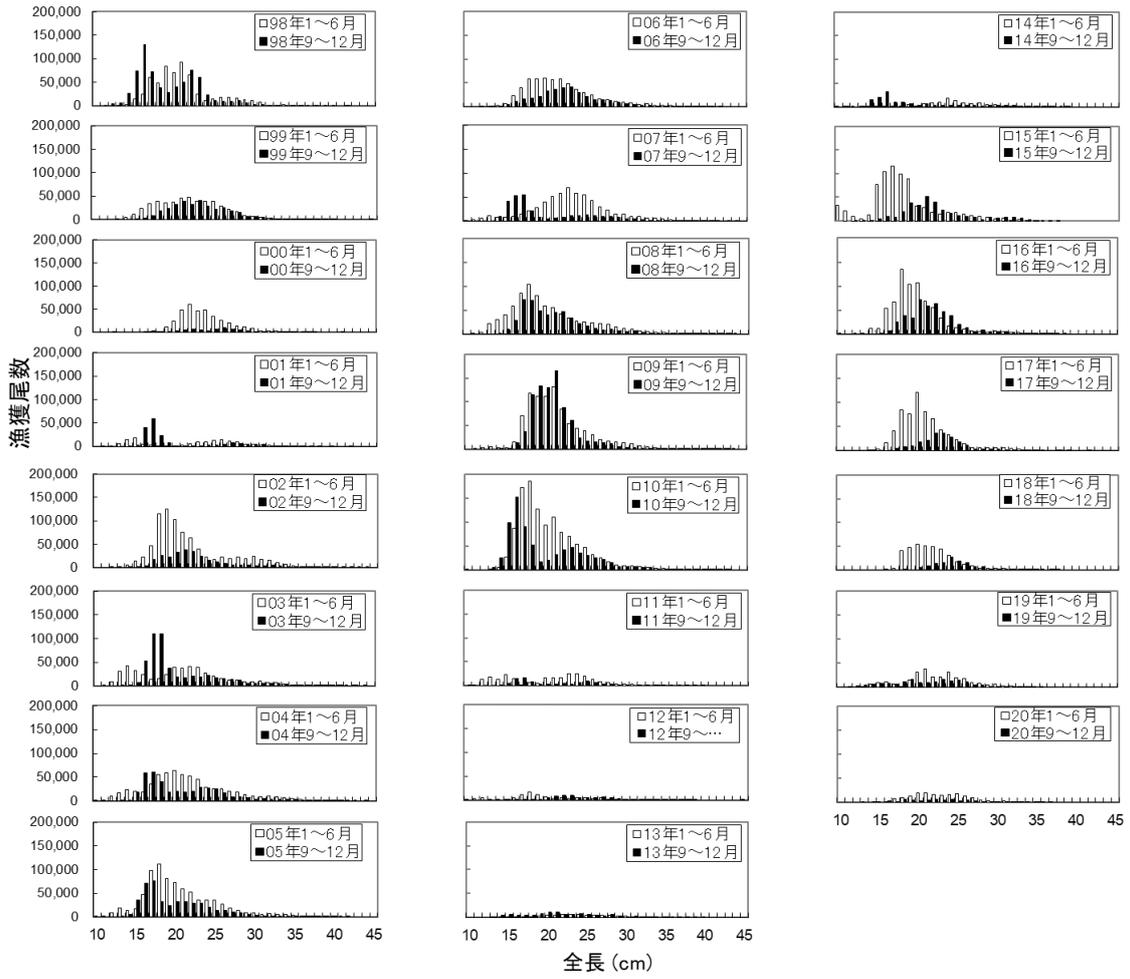


図 10. ヤナギムシガレイ漁獲物の年別前後期別の全長組成
 1998～2001年、2011～2020年は茨城県水揚げ分で、2002～2010年は福島県水揚げ分。

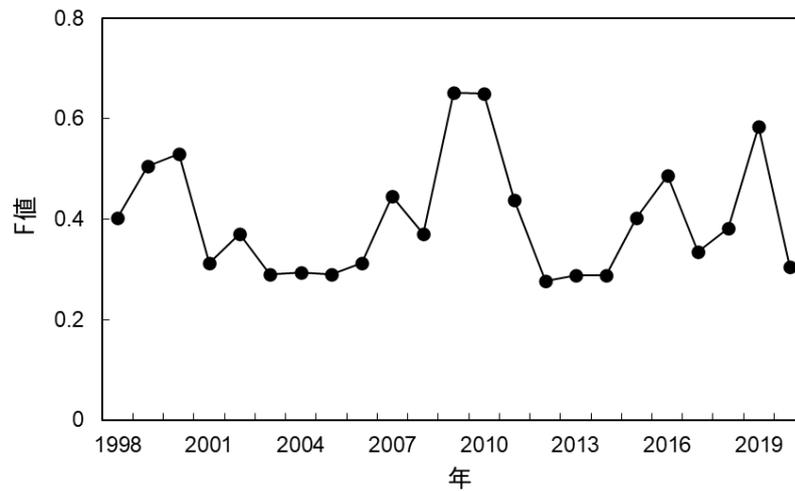


図 11. F 値（各年齢平均）の推移

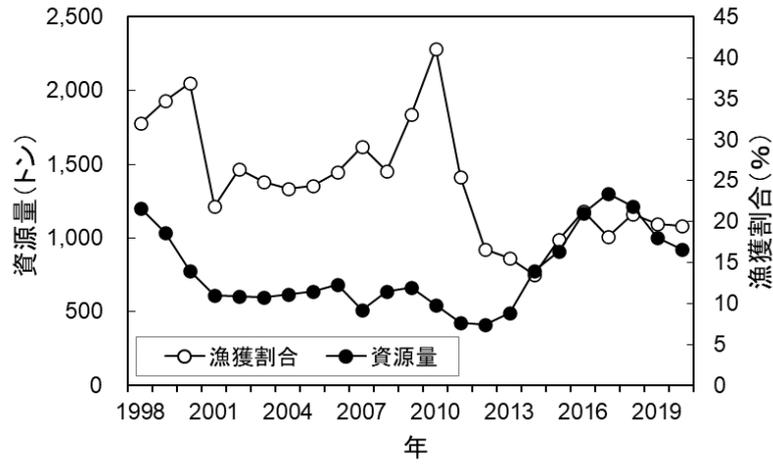


図 12. 資源量と漁獲割合の推移

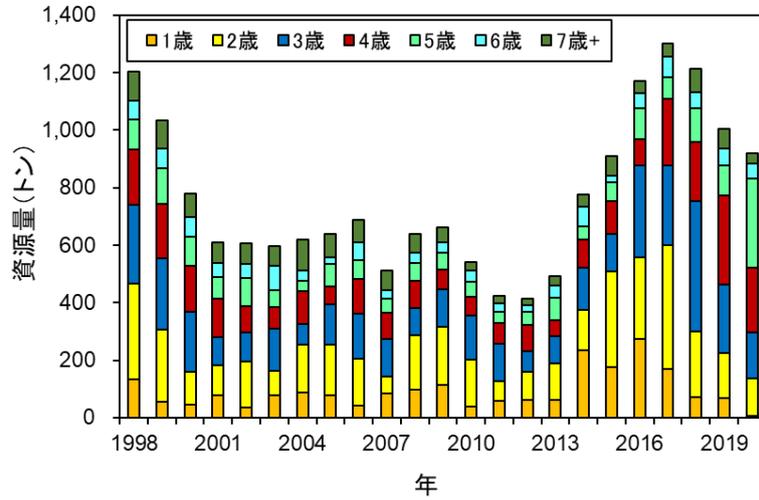


図 13. 年齢別資源量の推移

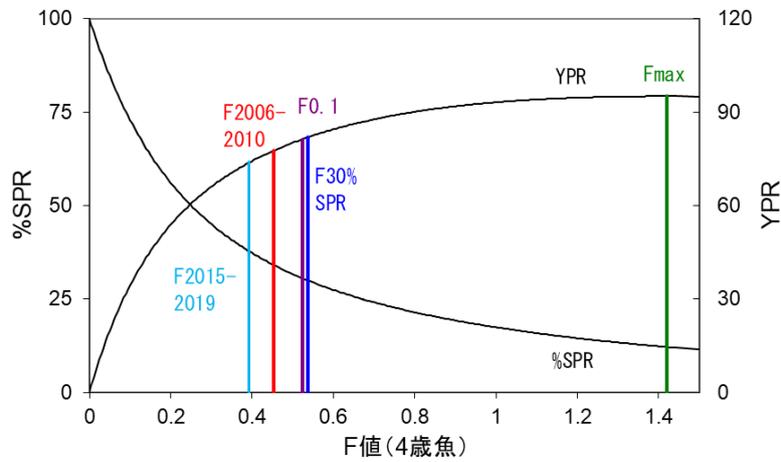


図 14. 漁獲係数 (F) と%SPR および YPR

表 1. 県別漁業種類別のヤナギムシガレイの漁獲量 (トン)

県名	漁業種	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
青森	沖底	1.3	0.4	0	0	0	4.0	1.4	0.6	1.5	1.5	2.2	1.4	3.8	0.6	0.5	2.8	1.8	1.8	2.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
	小底	0.5	0.3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	0.5	0.5	0	0.1	0.7	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岩手	沖底	-	4.1	7.6	3.9	4.3	3.9	2.4	6.2	7.7	5.4	9.1	10.7	8.8	5.8	8.9	7.4	8.6	8.1	16.9	26.6	14.0	10.4	12.3	10.0	10.2
	小底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	刺網	-	0.6	0.6	0.5	0.5	1.1	1.4	0.3	0.8	1.0	3.4	1.7	2.6	3.7	2.9	0.7	1.0	0.8	1.5	3.2	2.6	2.2	1.9	1.0	0.7
	延縄	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	0.1	0.2	0.9	0.7	0.3	0.4	1.0	0.4	0.6	0.6	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.4	0.2	0	0	0	0
宮城	沖底	12.2	16.5	20.5	25.0	15.3	10.4	9.4	12.1	11.3	10.5	18.8	6.1	9.9	15.4	15.6	16.6	23.8	23.8	14.1	11.4	12.0	11.6	14.1	8.9	6.6
	小底	12.8	15.2	19.9	18.5	13.6	8.9	9.3	17.0	15.8	10.4	10.5	10.9	11.7	13.1	9.1	6.0	5.4	6.4	20.5	27.1	42.9	43.4	30.4	42.5	36.8
	刺網	0.2	0.3	0.4	0.4	1.2	0.8	3.0	1.2	1.7	2.3	1.9	15.1	1.2	13.7	14.8	6.4	3.2	4.0	0.4	0.7	0.6	0.4	0.5	0.7	0.1
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	2.5	0.7	1.6	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	3.1	2.8	1.9	2.1	2.7
福島	沖底	96.9	155.8	148.9	156.7	110.8	41.0	47.0	42.5	52.8	49.5	47.0	43.3	57.0	70.3	79.1	11.2	2.1	6.2	12.0	10.0	50.0	63.8	55.9	64.4	69.6
	小底	14.5	26.8	29.7	22.2	36.0	13.0	21.3	15.8	16.3	16.7	13.9	25.8	21.9	21.2	22.7	11.0	0	0	0	0	20.4	14.4	27.2	28.3	33.3
	刺網	0.4	1.9	8.8	3.1	31.5	5.9	9.8	1.2	2.3	2.4	0.7	1.8	0.3	0.9	1.3	6.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨城	沖底	27.3	35.9	70.4	58.9	28.2	16.9	22.6	20.6	10.6	22.9	29.0	19.6	28.8	52.0	55.7	20.4	16.5	20.2	28.0	50.3	63.0	49.0	48.3	16.8	8.2
	小底	52.0	77.0	78.0	69.0	45.0	24.0	31.0	28.5	26.8	30.6	23.6	12.5	19.6	22.1	19.5	19.3	6.3	5.9	9.7	29.2	40.3	40.1	61.6	22.0	12.1
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	1.0	1.0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1
小計	沖底	143.7	212.7	247.5	244.5	158.6	76.2	82.7	81.9	83.9	89.7	106.1	81.1	108.3	144.2	159.8	58.4	52.9	60.1	73.3	98.4	139.1	134.9	130.7	100.2	94.6
	小底	-	119.3	128.1	109.9	94.9	46.3	61.7	61.4	59.4	58.2	48.0	49.3	53.9	56.7	51.7	36.5	11.8	12.4	30.2	56.3	103.6	97.9	119.2	92.8	82.2
	刺網	-	2.8	9.8	4.0	33.2	7.8	14.2	2.7	4.8	5.7	24.0	18.6	4.1	18.3	19.0	13.5	4.2	4.8	1.9	3.9	3.2	2.6	2.4	1.7	0.9
	延縄	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	定置	-	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
	その他	-	1.2	0.4	1.3	1.2	2.8	1.1	2.7	0.6	2.1	0.6	0.3	0.4	0.1	0	0	0	0	0	2.5	3.4	2.8	1.9	2.1	2.8
計	-	336	386	360	288	133	160	149	149	156	179	149	167	219	231	108	69	77	108	162	249	237	254	198	179	

各県水試調べ。2019年以前の沖底の小計は漁場別漁獲統計資料による。

2010年の岩手、宮城はデータ消失のため、沖底以外の漁業は過去5年間の他県との漁獲量比から推定。

各県の沖底漁獲量は小海区別の漁獲量を採用(例:宮城=金華山海区、福島=常磐海区)。

2016~2018年福島県の小底の漁獲量は、福島県の底びき網漁獲量の合計から沖底統計から求めた沖底の漁獲量を引いた値。

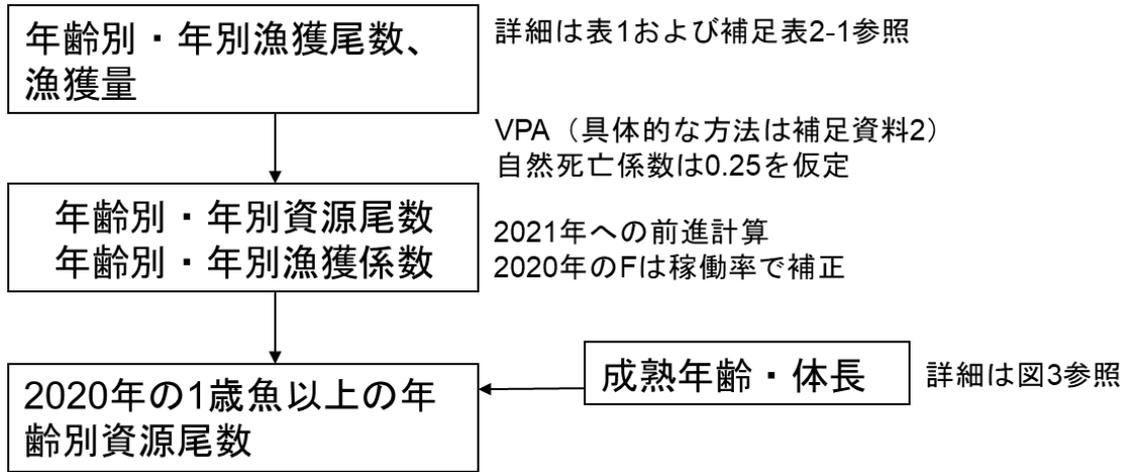
2020年は暫定値。

表 2. 沖底によるヤナギムシガレイの漁獲量

年	房総	常磐	金華山	岩手	尻屋崎	計
1973	74	66	22	49	6	217
1974	80	55	24	51	2	212
1975	81	36	10	39	6	172
1976	46	23	1	30	2	102
1977	23	25	1	50	5	104
1978	29	24	4	51	14	122
1979	6	15	1	75	13	110
1980	20	21	0	77	5	124
1981	41	16	0	60	3	121
1982	29	22	0	45	4	100
1983	20	8	0	44	1	72
1984	15	5	0	21	1	43
1985	15	5	0	11	1	32
1986	11	6	0	11	2	31
1987	10	5	0	5	0	19
1988	5	8	0	6	1	20
1989	3	12	0	3	0	19
1990	4	14	1	2	0	20
1991	4	19	2	2	0	27
1992	4	18	2	1	0	25
1993	2	11	3	2	0	18
1994	2	11	2	7	0	24
1995	10	40	5	4	0	60
1996	27	97	12	6	1	144
1997	36	156	17	4	0	213
1998	70	149	21	8	0	247
1999	59	157	25	4	0	245
2000	28	111	15	4	0	159
2001	17	41	10	4	4	76
2002	23	47	9	2	1	83
2003	21	43	12	6	1	82
2004	11	53	11	8	1	84
2005	23	49	11	5	2	90
2006	29	47	19	9	2	106
2007	20	43	6	11	1	81
2008	29	57	10	9	4	108
2009	52	70	15	6	1	144
2010	56	79	16	9	0	160
2011	20	11	17	7	3	58
2012	17	2	24	9	2	53
2013	20	6	24	8	2	60
2014	28	12	14	17	2	73
2015	50	10	11	27	0	98
2016	63	50	12	14	0	139
2017	49	64	12	10	0	135
2018	37	60	14	5	0	116
2019	26	61	8	4	0	99
2020	8	70	7	10	0	95
2020沖底	12	64	7	3	0	87

上の2020年は各県水試調べ、下は沖合底びき網漁業漁業統計資料。

補足資料 1 資源評価の流れ



将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

補足資料 2 資源計算方法

2002～2010年は福島県、2011～2015年、2017～2020年は茨城県、2016年は福島県と茨城県で漁獲されたヤナギムシガレイの精密測定結果と耳石の年齢査定結果から体長階級別の年齢組成を作成した。体長階級別年齢組成の作成は1～6月および9～12月の二期に分けて毎年行った（7、8月は沖底、小底の休漁期）。体長階級別の年齢組成と漁獲物全体の全長組成から年齢別漁獲尾数（補足図2-1）を求めた。ヤナギムシガレイの成長、体重および寿命には雌雄差があるため、雌雄別の体長階級別年齢組成を用いて年齢分解を行った。1998～2001年については2002～2010年すべてのサンプルから求めた上下半期別雌雄別の体長階級別年齢組成をもとに漁獲物の全長組成を分解した（補足表2-1）。なお、6歳以下、全長30cm以下の雌雄比は1:1とし、7歳以上、全長31cm以上はすべて雌とした。また、年級間で成長差があるため、毎年5～6月に採集された個体から、年別年齢別雌雄別の体重を求めた。本種は1歳の途中から漁獲され始めるため、計算は1歳以上を対象とし、7歳以上の個体は少ないため、7歳は8歳以上を含めたプラスグループとした。得られた年別年齢別漁獲尾数を用いて、以下に示すコホート解析により年別年齢別資源尾数（補足図2-2）を推定した。

各年齢、各年における資源尾数 $N_{a,y}$ は、以下の Pope (1972) の近似式を用いて求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp(M/2)$$

ここで $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の漁獲尾数である。最近年（2020年）、最高齢（7歳、プラスグループ）および最高齢-1歳の資源尾数はそれぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,2020} = C_{a,2020} \exp(M/2) / (1 - \exp(-F_{a,2020}))$$

$$N_{7+,y} = C_{7+,y} / (C_{7+,y} + C_{6,y}) \times N_{7+,y+1} \times \exp(M) + C_{7+,y} \times \exp(M/2)$$

$$N_{6,y} = C_{6,y} / (C_{7+,y} + C_{6,y}) \times N_{7+,y+1} \times \exp(M) + C_{6,y} \times \exp(M/2)$$

ターミナル F を除く漁獲係数 F 値の計算は以下の式で求めた。

$$F_{a,y} = -\ln(1 - (C_{a,y} \exp(M/2) / N_{a,y}))$$

最高齢の F は最高齢-1歳の F と等しくなるように求め、最近年、最高齢の F は最高齢-1歳と等しくなるように探索的に求めた。また、2020年の F は、主漁場である金華山～房総海区の2005～2009年の沖底網数に対する同海域の2018年の網数の比率を、直近5年間（2016～2020年）の平均 F 値に乗じて補正した値を用いた。

なお、ヤナギムシガレイは20年以上生きることも報告されているが、2002～2008年に漁獲、年齢査定された約11,266個体のうち、11歳以上の個体は47個体と少なかった。そこで寿命を10年と仮定し、田内・田中の式（田中1960）より自然死亡係数 M は $2.5/10=0.25$ で一定とした。

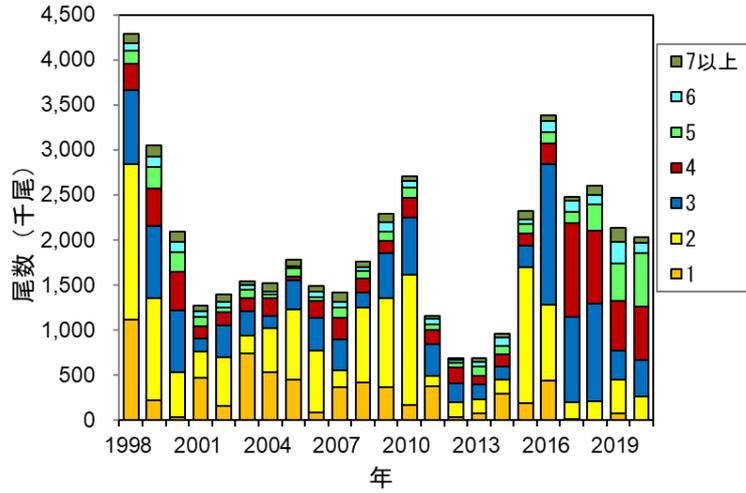
その結果、資源尾数は2014年から増加し、2016年には2,300万尾を超えた。その後は減

少に転じ、2019年および2020年にはそれぞれ1,823万尾および1,269万尾となっている（補足表2-2）。2020年の資源尾数は過去5年間では最も少なくなっており、2～5歳魚は多いものの、1歳魚はこれまでと比べて低い水準と推定された（補足表2-2）。漁獲係数Fの値は震災前に比べると、特に若齢魚で低い傾向が認められた（補足図2-3、補足表2-3）。また、2020年の資源量は921トンで2016～2019年と比べると少ないものの、最近10年では5番目に多い（補足表2-4）。

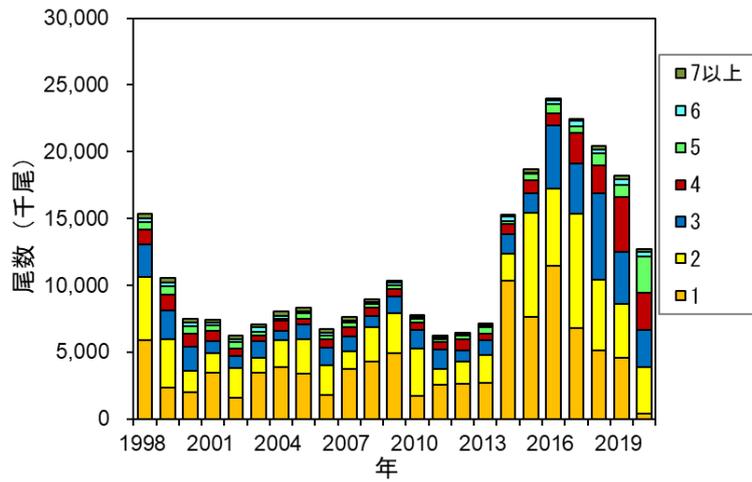
また、資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（令和3年度）FRA-SA2021-ABCWG02-03」に従って、本系群の評価に用いたVPAの統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。レトロスペクティブ解析では、データの追加・更新が行われることで資源量は減少、F値は増加する傾向がみられた（補足図2-4、2-5）。これは2013年級群が2018年に急減したことによる影響と思われる（補足表2-1、2-2）。2013年級は2018年には5歳で全長24～27cm程度であり、2018年の漁獲物の全長組成（図10）をみると、この階級の漁獲は少なくなっていることが確認できる。2013年級群が急減した原因は不明だが、本資源の分布の中心は福島県沖で、震災以前は5割以上が福島県沖から漁獲されていた。福島県が試験操業のため、現在は茨城県のデータを用いているが、近年の房総海域における漁獲量が減少していることもあり（図4、5、8）、加齢に伴う分布の変化など現在の漁獲物の全長組成は資源の代表性が低い可能性が考えられる。今後、より代表性の高い全長組成データ等の収集を模索する必要がある。

引用文献

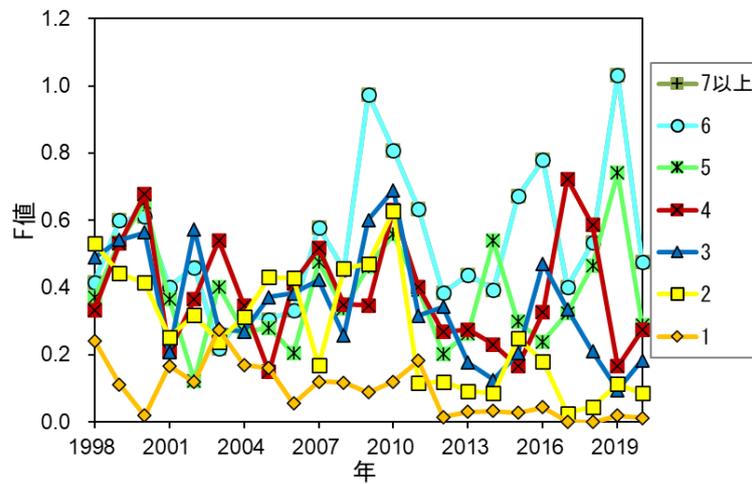
- ABCWG (2020) 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（令和2年度）. FRA-SA2021-ABCWG02-03.
- Pope, J. G (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.



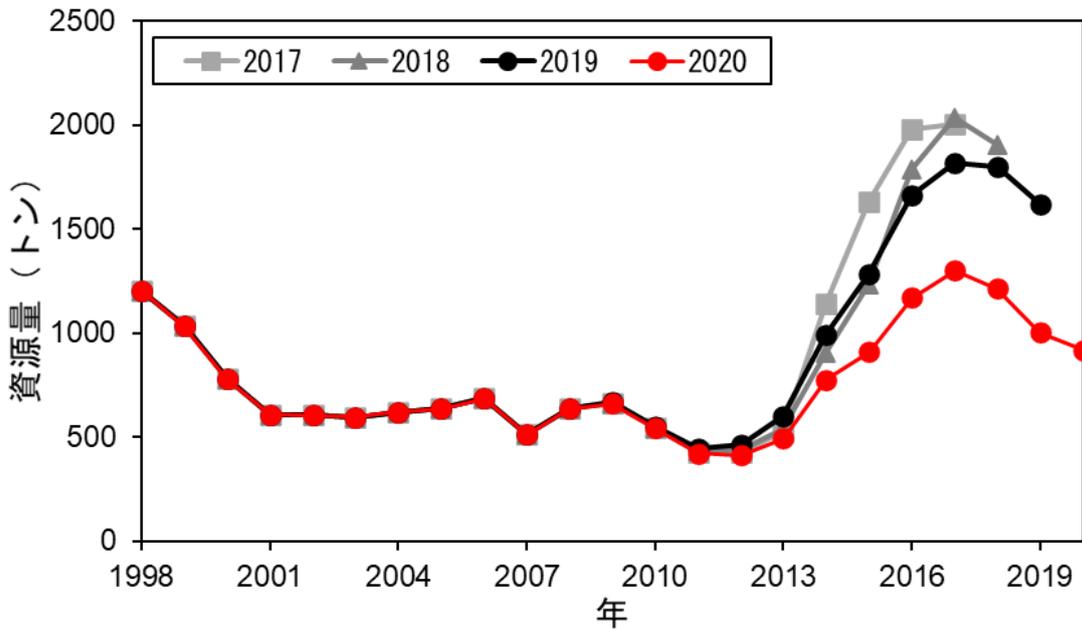
補足図 2-1. ヤナギムシガレイ太平洋北部の年齢別漁獲尾数



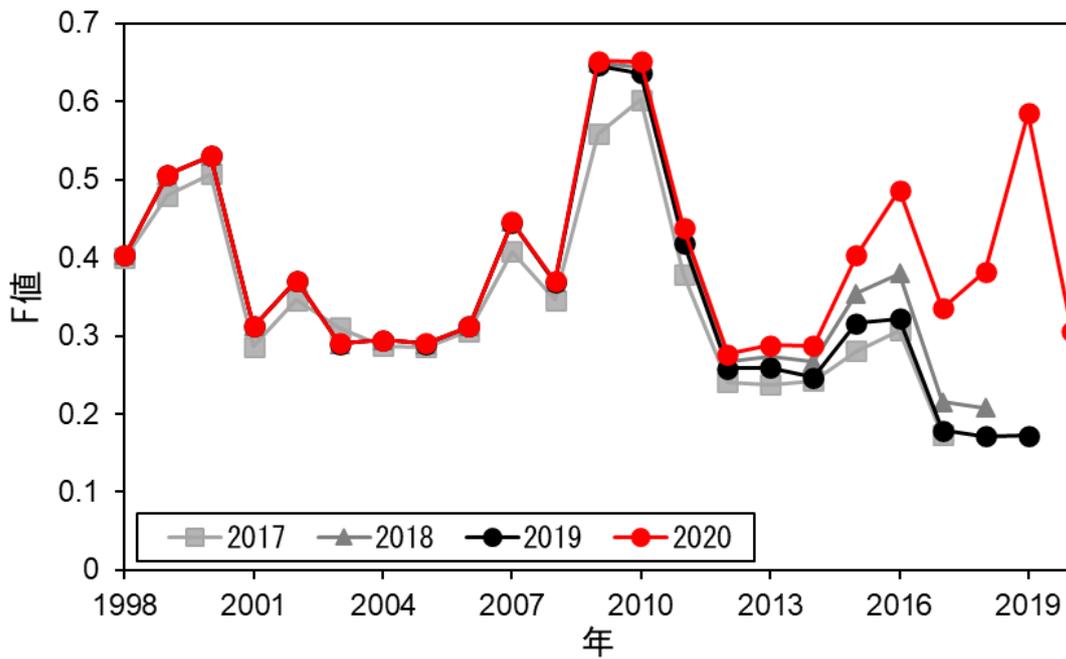
補足図 2-2. ヤナギムシガレイ太平洋北部の年齢別資源尾数



補足図 2-3. ヤナギムシガレイ太平洋北部の年齢別 F 値



補足図 2-4. 資源量推定値のレトロスペクティブ解析結果



補足図 2-5. F 値のレトロスペクティブ解析結果

補足表2-1. 年齢別漁獲尾数 (千尾)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	1,117	220	34	468	153	736	534	443	84	368	418	366	170
2	1,724	1,138	494	294	547	201	488	785	691	181	827	984	1,446
3	824	798	688	140	349	275	137	320	361	348	174	505	633
4	287	419	426	134	145	146	197	48	187	243	151	136	223
5	149	235	223	105	52	85	37	90	43	108	80	105	109
6	83	117	118	63	68	61	37	25	62	64	50	97	77
7以上	101	125	105	68	76	38	86	66	56	102	60	94	50
合計	4,286	3,052	2,089	1,272	1,391	1,542	1,516	1,777	1,484	1,415	1,762	2,286	2,709

補足表2-2. VPAによって推定した資源尾数 (千尾)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	5,904	2,370	1,960	3,453	1,547	3,470	3,871	3,389	1,796	3,707	4,280	4,933	1,715
2	4,730	3,612	1,651	1,497	2,276	1,070	2,052	2,543	2,249	1,324	2,562	2,965	3,518
3	2,415	2,163	1,808	850	906	1,290	656	1,168	1,288	1,142	872	1,265	1,441
4	1,150	1,153	980	801	539	397	762	390	627	684	582	525	540
5	545	642	528	387	505	291	180	419	262	323	318	320	289
6	276	293	293	214	209	348	152	107	247	166	157	177	157
7以上	337	315	260	234	234	218	354	286	226	264	188	170	102
合計	15,357	10,548	7,482	7,436	6,216	7,083	8,027	8,303	6,694	7,610	8,959	10,355	7,762

注) コホート解析による推定値。

補足表2-3. VPAによって推定した漁獲死亡係数

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	0.24	0.11	0.02	0.17	0.12	0.28	0.17	0.16	0.05	0.12	0.12	0.09	0.12
2	0.53	0.44	0.41	0.25	0.32	0.24	0.31	0.43	0.43	0.17	0.46	0.47	0.63
3	0.49	0.54	0.56	0.21	0.57	0.28	0.27	0.37	0.38	0.42	0.26	0.60	0.69
4	0.33	0.53	0.68	0.21	0.37	0.54	0.35	0.15	0.41	0.52	0.35	0.35	0.63
5	0.37	0.53	0.65	0.37	0.12	0.40	0.27	0.28	0.20	0.47	0.34	0.46	0.56
6	0.42	0.60	0.61	0.40	0.46	0.22	0.32	0.31	0.33	0.58	0.45	0.97	0.81
7以上	0.42	0.60	0.61	0.40	0.46	0.22	0.32	0.31	0.33	0.58	0.45	0.97	0.81
平均	0.40	0.51	0.53	0.31	0.37	0.29	0.29	0.29	0.31	0.45	0.37	0.65	0.65

注) コホート解析による推定値。

補足表2-4. VPAによって推定した資源量 (トン)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	135	54	45	79	35	79	89	78	41	85	98	113	39
2	331	253	116	105	159	83	166	177	164	60	190	203	163
3	276	247	206	97	103	148	71	139	158	129	93	130	153
4	190	190	162	132	89	74	114	63	121	90	97	69	66
5	105	124	102	75	98	60	35	78	62	49	59	59	52
6	65	69	69	50	49	83	36	25	65	32	38	34	39
7以上	103	96	80	72	71	69	111	79	76	68	63	53	31
合計	1,205	1,034	779	610	605	597	621	638	687	513	638	662	543

注) 資源尾数に各年各年齢の平均体重 (5~6月) を乗じたもの。

性比は1:1と仮定し、7歳魚以上の個体はすべて雌とした。

補足表2-1. 年齢別漁獲尾数（千尾、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
374	34	70	295	184	433	9	0	74	4
114	166	159	149	1,511	843	190	208	377	254
350	211	164	149	239	1,564	944	1,082	314	412
164	172	96	136	134	229	1,043	817	554	588
64	48	101	99	105	122	129	285	418	598
53	33	58	85	53	128	117	108	241	112
37	25	34	43	101	68	43	104	151	64
1,158	689	683	956	2,326	3,388	2,475	2,604	2,130	2,033

補足表2-2. VPAによって推定した資源尾数（千尾、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2,555	2,646	2,723	10,316	7,621	11,472	6,789	5,145	4,597	371
1,185	1,659	2,031	2,059	7,774	5,773	8,552	5,279	4,006	3,515
1,464	822	1,146	1,442	1,472	4,721	3,752	6,492	3,928	2,787
563	831	455	748	991	935	2,297	2,089	4,101	2,782
223	294	495	269	463	654	526	868	906	2,706
129	117	187	296	122	267	401	296	425	336
90	90	110	149	234	142	146	285	265	191
6,209	6,461	7,146	15,279	18,677	23,964	22,463	20,454	18,228	12,688

補足表2-3. VPAによって推定した漁獲死亡係数（続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.18	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.00	0.00	0.02	0.01
0.12	0.12	0.09	0.09	0.25	0.18	0.03	0.05	0.11	0.09
0.32	0.34	0.18	0.12	0.20	0.47	0.34	0.21	0.10	0.18
0.40	0.27	0.27	0.23	0.17	0.33	0.72	0.59	0.17	0.27
0.39	0.20	0.26	0.54	0.30	0.24	0.32	0.47	0.74	0.29
0.63	0.38	0.44	0.39	0.67	0.78	0.40	0.53	1.03	0.48
0.63	0.38	0.44	0.39	0.67	0.78	0.40	0.53	1.03	0.48
0.44	0.28	0.29	0.29	0.40	0.49	0.34	0.38	0.58	0.31

補足表2-4. VPAによって推定した資源量（トン、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
58	61	62	236	174	274	169	70	69	7
67	100	127	138	335	285	433	230	157	130
132	72	95	147	131	320	275	453	237	160
71	89	55	98	112	91	232	207	309	224
40	47	79	48	66	106	75	117	104	310
27	22	42	66	24	52	73	55	59	53
28	25	34	44	69	43	44	83	68	37
424	415	493	776	912	1,171	1,301	1,214	1,004	921

補足資料3 標準化 CPUE を用いたチューニング VPA

年、月および海域の影響を除去するため、GLM（一般化線型モデル）を用いてヤナギムシガレイの主要な漁場である金華山～房総海区の CPUE の標準化を行った。分析には 1973 年以降の沖底漁績のデータより抽出した、本種の有漁網データを用いた。自然対数を取った本種の CPUE を応答変数として採用し、モデルの誤差は正規分布に従うと仮定した。説明変数には、年（Year）、月（Month）、海区（Area）とそれらの 2 次の交互作用を用い、以下のフルモデルを作成した。

$$\text{Ln}(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{Year} * \text{Month} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Month} * \text{Area}$$

ここでの記号は次の通りである。

Year: 年 (1973～2020)

Month: 月 (1～3、4～6、9、10～12)

Area: 小海区 (金華山、常磐、房総)

説明変数は全てカテゴリカル変数として扱った。月（Month）はデータ欠損が生じないよう 1～3 か月ごとにまとめた。フルモデルから BIC を用いた変数増減法にて変数選択を行った結果、BIC が最も低くなるモデルをベストモデルとして選択した。変数選択には R Ver 3.6.2 の MuMIn パッケージを用いた (<https://www.R-project.org/>、2021 年 7 月 26 日)。その結果、上記のフルモデルがベストモデルとして選択された。ベストモデルより最小二乗平均 (LSMEAN) を用いて海区別の年トレンドを算出し、それらを各海区の面積により重み付け平均することで、標準化 CPUE の年トレンドとした。

操業ごとの対数 CPUE およびモデルの予測値と実測値の残差は概ね正規分布に従っていた (補足図 3-1、3-2)。正規確率図では、大きな逸脱は観察されなかった (補足図 3-3)。また、年別の残差は 0 周辺に分布することが確認された (補足図 3-4)。ベストモデルを用いて標準化 CPUE を求めたところ、沖底 CPUE (年間漁獲量/年間有漁網数) と概ね類似したトレンドを示した (補足図 3-5)。

次に標準化 CPUE を指数としてコホート解析のチューニングを行った。最近年(2020年)の各年齢の漁獲係数 F を以下のようにチューニングし、資源尾数および F を推定した。最近年の 1～5 歳の年齢別 F の比率 (選択率) には、チューニングをしないコホート解析から推定された 2015～2019 年の平均値を用い、最近年以前の F については補足資料 2 で示したものをを用いた。平松 (2001) に基づき、(1) 式を最小化する最近年の Ft を探索的に求めた。

$$\sum (I_y - qB_y)^2 \tag{1}$$

また、 \hat{q} の推定値は (2) 式で解析的に求めた。

$$q^{\wedge} = \frac{\sum_y I_y B_y}{\sum_y B_y^2} \quad (2)$$

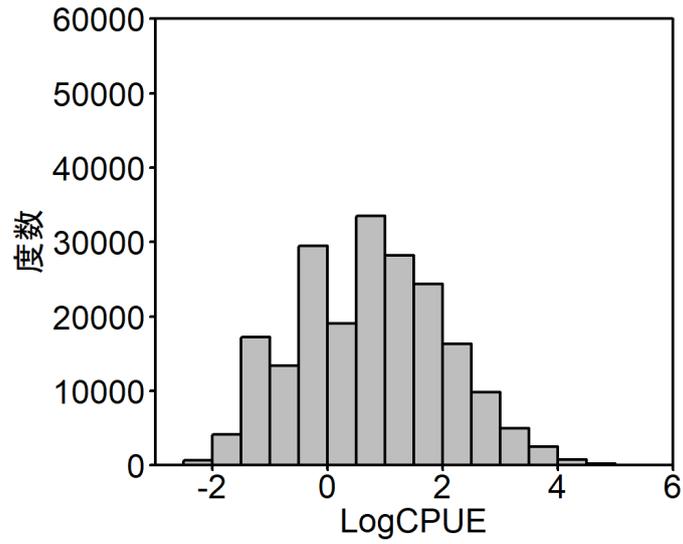
ここで B は資源量、I には 2001～2020 年の沖底金華山～房総海区の標準化 CPUE を用いた。

その結果、2020 年の資源量は 1,505 トンと推定された（補足図 3-6）。近年（2000 年以降）の資源量は 2017 年の 1,741 トンをピークとしており、2020 年の資源量は最近 10 年間の中では 4 番目に多かった。資源量の全体的な傾向は沖底網数で補正したコホート解析の値と類似していたが、近年の資源量はチューニング VPA の方が多く推定される傾向が認められた。本種の主漁場は現在本操業を停止している福島県沖であり、震災以前は福島県沖における漁獲が半分以上を占めていたが、震災後は同海域での操業は試験操業にとどまっている。そのため、ここでは沖底の網数による補正を重視し、標準化 CPUE によるチューニング結果は補足資料への記載に留めた。

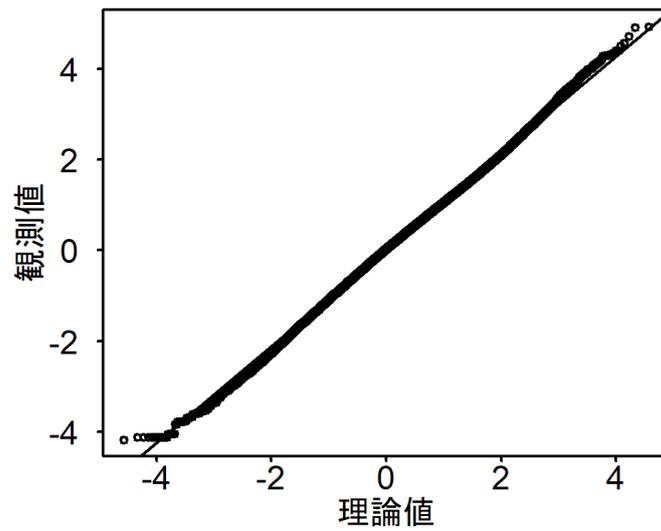
また、チューニング VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性についてレトロスペクティブ解析から診断した。その結果、データの追加・更新が行われることで生じる F 値の変化は比較的大きかったものの、資源量推定値には大きな変化はみられなかった（補足図 3-7、3-8）。

引用文献

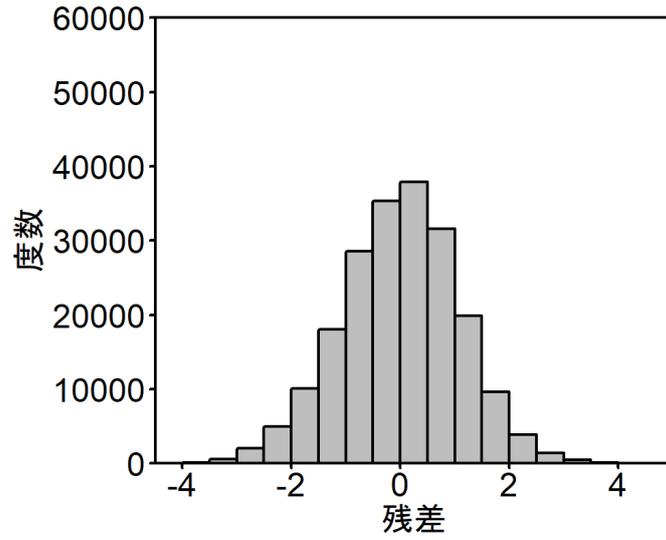
平松一彦 (2001) VPA. 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書 ー資源解析手法教科書ー, 日本水産資源保護協会, 104-128.



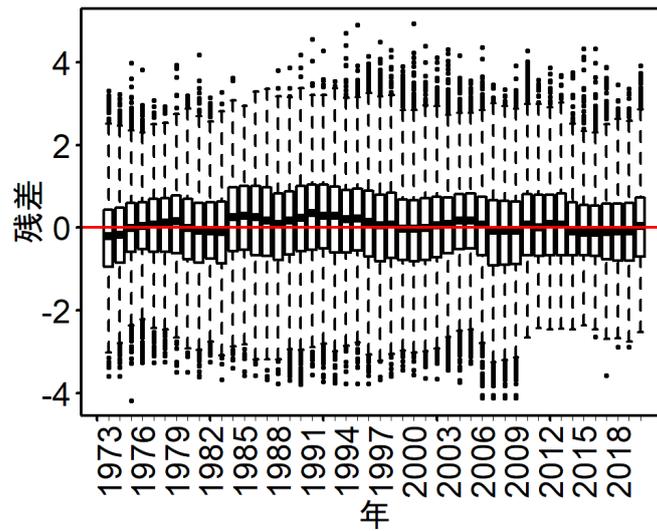
補足図 3-1. 操業ごとの LogCPUE (1973~2020 年データ)



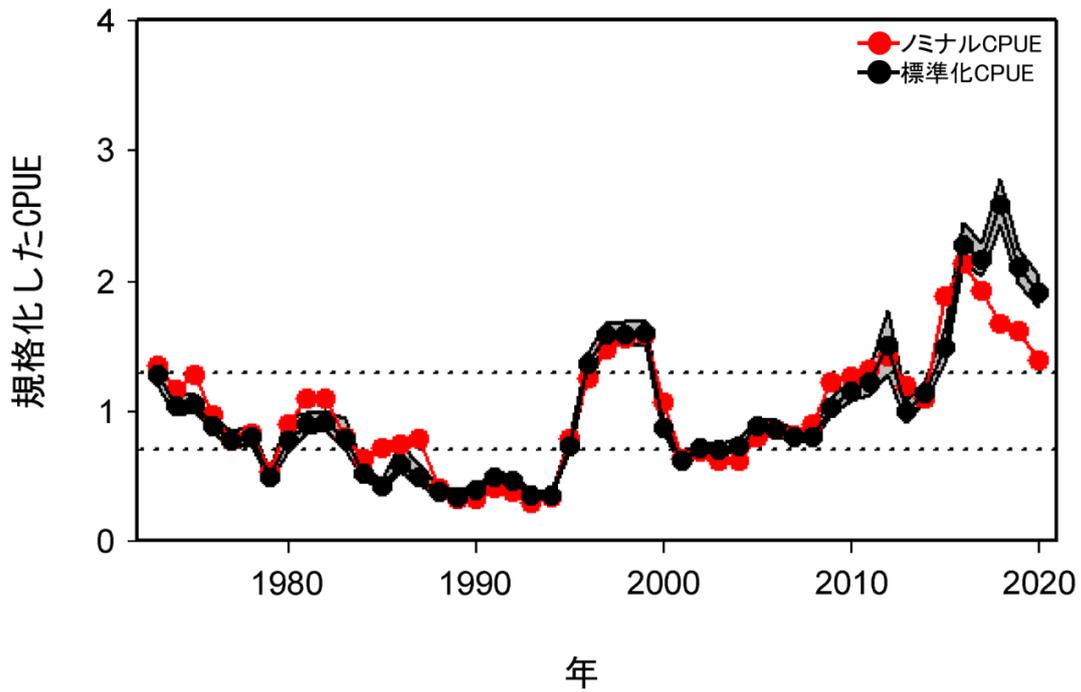
補足図 3-2. モデル予測値と実測値の残差 (1973~2020 年データ)



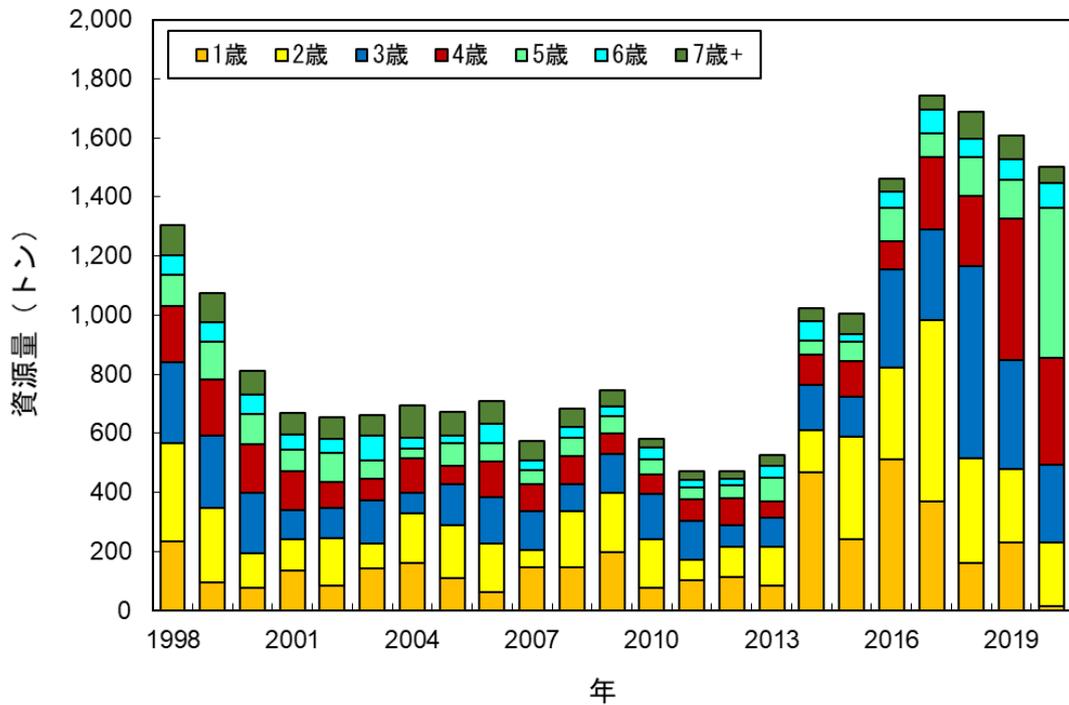
補足図 3-3. 残差ヒストグラムの正規性の確認



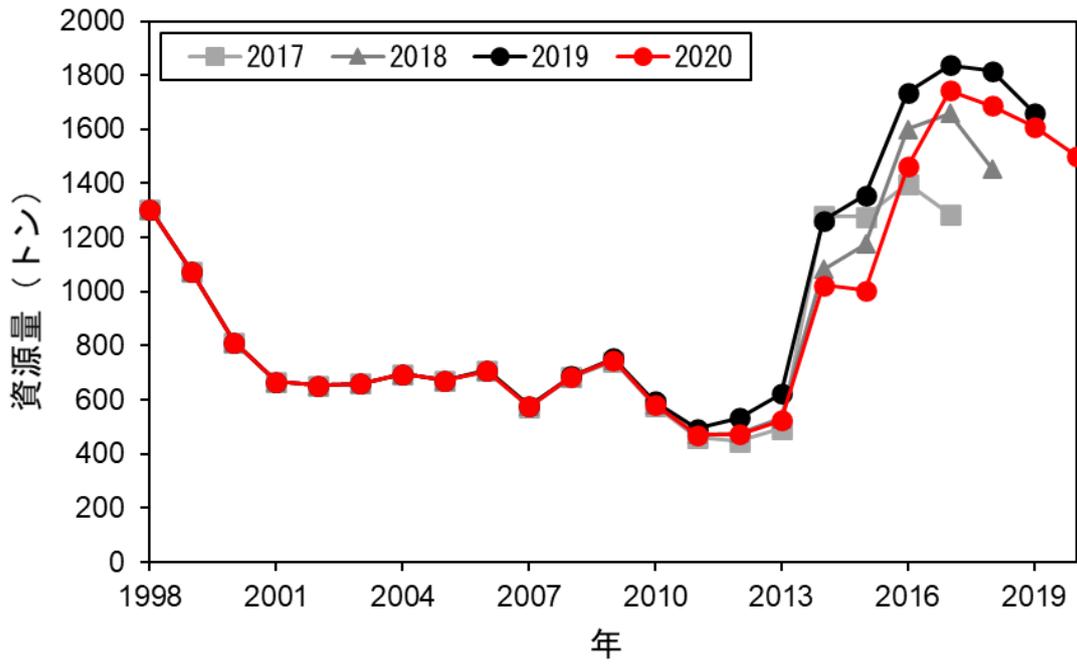
補足図 3-4. 年ごとの残差 箱ひげ図は第一～第三四分位、バーは最大値、最小値の 1.5 倍、バーの外側は外れ値を示す。



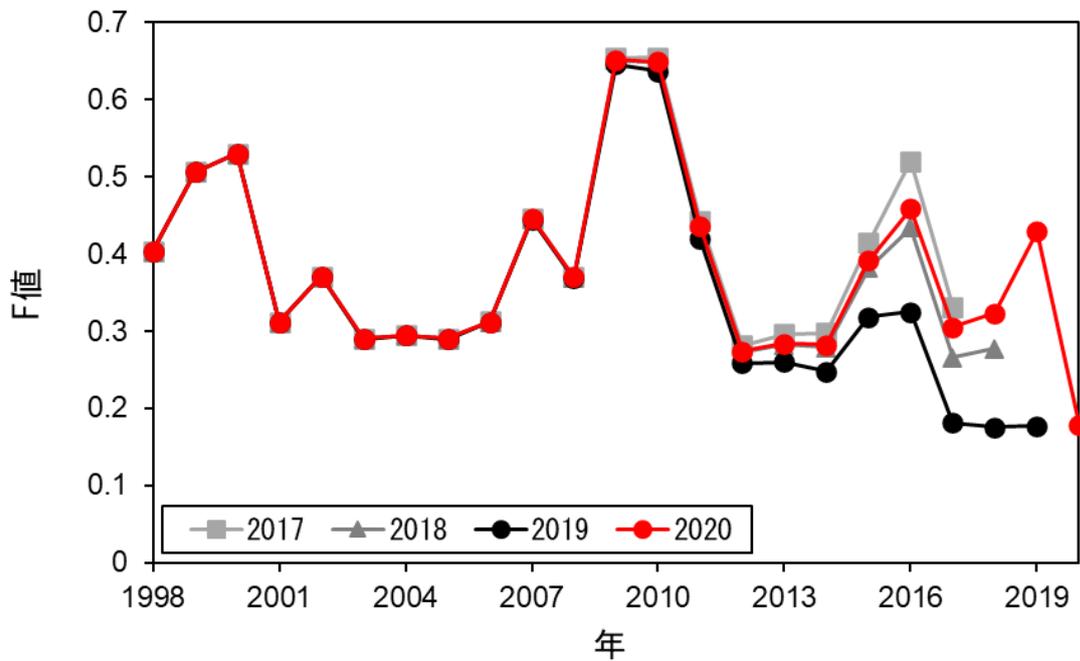
補足図 3-5. ノミナル CPUE と標準化 CPUE の時系列変化 それぞれ平均値で除すことで規格化した。



補足図 3-6. 標準化 CPUE によってチューニングした VPA によって求めた資源量



補足図 3-7. チューニング VPA における資源量推定値のレトロスペクティブ解析結果



補足図 3-8. チューニング VPA における F 値のレトロスペクティブ解析結果